

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 6 月 23 日 (23.06.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/057743 A1

(51) 国際特許分類: H01S 5/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/018360

(22) 国際出願日: 2004 年 12 月 9 日 (09.12.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2003-411441
2003 年 12 月 10 日 (10.12.2003) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大
字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).

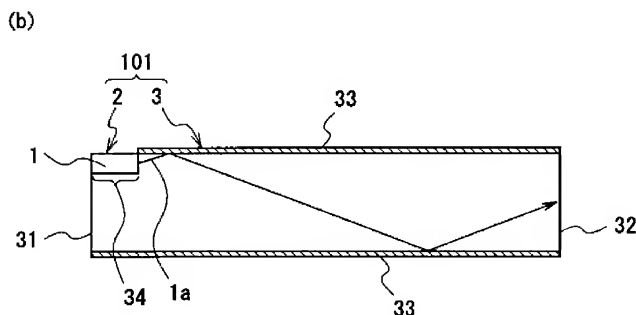
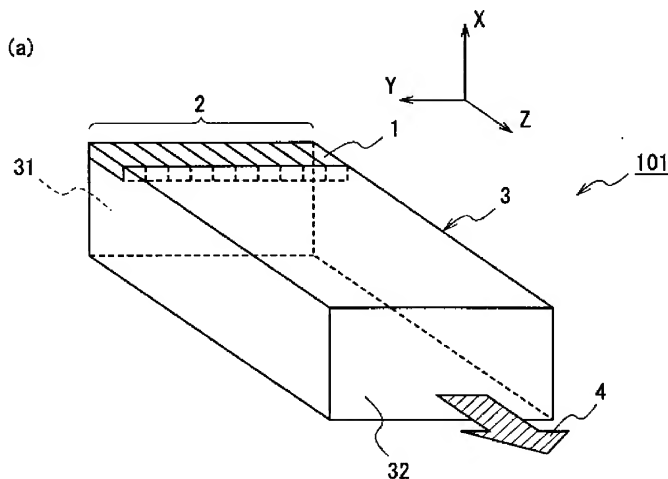
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杉田 知也
(SUGITA, Tomoya). 水内 公典 (MIZUUCHI, Kimi-
nori). 笠澄 研一 (KASAZUMI, Ken'ichi). 森川 顕洋
(MORIKAWA, Akihiro). 山本 和久 (YAMAMOTO,
Kazuhisa).(74) 代理人: 早瀬 憲一 (HAYASE, Kenichi); 〒5320003 大
阪府大阪市淀川区宮原 3 丁目 4 番 3 0 号 ニッセイ
新大阪ビル 1 3 階 早瀬特許事務所 Osaka (JP).(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: LASER LIGHT SOURCE AND TWO DIMENSIONAL IMAGE FORMING DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ光源、及び 2 次元画像形成装置



(57) Abstract: A laser light source (10) has semiconductor lasers (1) and a waveguide tube (3) for propagating emission light from each of the semiconductor lasers (1). The semiconductor lasers are arranged on the upper end on the incident surface (31) side of the waveguide tube such that the emission light (4) from each of the semiconductor lasers enters into the waveguide tube from one end surface (31) of the waveguide tube and exits from the other end surface (32) of the waveguide tube. The structure can realize a small-sized laser light source having high output and capable of outputting emission light having uniform emission light intensity distribution.

(57) 要約: 本発明のレーザ光源 (10) は、複数の半導体レーザ (1) と、該複数の各半導体レーザ (1) からの出射光を伝搬する導波管 (3) とを備え、前記複数の各半導体レーザからの出射光 (4) が、前記導波管の一つの端面 (31) から前記導波管内に入射され、前記導波管の他の端面 (32) から出射されるよう、該複数の半導体レーザが前記導波管の入射面 31 側上端に配置されているものである。これにより、高出力で、且つ均一な出射光強度分布を有する出射光を出力可能な小型のレーザ光源を実現することができる。



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護
が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

レーザ光源、及び2次元画像形成装置

技術分野

- [0001] 本発明は、レーザ光源、及び2次元画像形成装置に関し、特に、高出力でかつ均一な出射光強度分布を有するレーザ光源、及び該レーザ光源を用いた2次元画像形成装置に関するものである。

背景技術

- [0002] これまで、レーザ光源の用途は計測、光通信、光ディスク等、レーザ光の集光特性やコヒーレンスの高さを利用したものが主流であった。しかし、レーザ光源の研究・開発は目覚ましく、半導体レーザに代表される小型高出力レーザも実用化が進んでおり、出力波長は限定されるものの、半導体レーザでは例えばマルチモード半導体レーザで数Wクラスの出力を達成しているものもある。
- [0003] このようなレーザ光源の小型化・高出力化に伴って、小型で、かつ高出力のレーザ光源を用いたアプリケーションの開拓や装置の開発が活発化してきている。
- [0004] 高出力光源は、画像表示装置、照明装置、半導体露光装置など、幅広い用途への応用が期待されており、特に高出力レーザ光源は、その単色性を生かして、例えばRGB三原色の高出力レーザを用いたレーザディスプレイによる高色純度鮮明画像の実現が模索されている。また、小型で、かつ高出力のレーザ光源を、低消費電力かつ長寿命な照明用光源に応用することも期待されている。さらに、前記高出力レーザ光源は、レーザ加工にも応用されており、該高出力レーザによる微細形状加工が実用化されつつある。
- [0005] このような高出力レーザ光源を用いたアプリケーションは、レーザ光の単色特性と高出力特性を利用するのに加えて、均一な断面光強度分布に対する要求が大きく、従来から、この要求を満たす手法があった。
- [0006] 例えば、特許文献1及び特許文献2には、ホモジナイザと呼ばれる光量均一化デバイスや光学系を用いて、ガウシアン光分布強度を有するレーザ光源からの出力光を、その光強度分布が均一になるよう成形するものが開示されている。また、特許文献

3及び特許文献4には、インテグレータと呼ばれる光学デバイスを用いて、前記と同様にレーザ光源からの出力光を成形するものが開示されている。

特許文献1:特開平07-306304号公報

特許文献2:特許第3410813号公報

特許文献3:特開2002-40327号公報

特許文献4:特開2003-57514号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0007] しかしながら、従来の特許文献1〜3に示す方法では、レーザ光源からの出力光を光学デバイスや光学系に入射する前にその断面積を適当に広げておく必要があるため、レーザ光源を含む光学系が複雑化し、装置面積が大規模になるという課題があった。さらに、レーザ光源からの出力光の断面積を広げてから光学デバイスに入射する場合、該出力光のビーム外周部を切り取ることになるため、光量の損失が生じるという課題もあった。
- [0008] さらに、特許文献4に示す方法では、前記出力光の断面積を広げる必要はないが、該レーザ光源からの出力光の光強度を均一化して出力するためには、ロッドインテグレータの光伝搬方向の長さを長くしなければならなくなり、その結果、装置面積が大きくなるという課題があった。
- [0009] また、光源として干渉性の高いレーザ光源を用いた場合、前述したような光量を均一化する光学デバイスから出射される光は、スペックルノイズと呼ばれるレーザ光特有の微細な干渉パターンによる微細なムラ状のノイズを発生する。このスペックルノイズを除去する方法として、これまでにスクリーンを振動させる方法や、拡散板を透過させてレーザ光に時空間的にランダムな位相を与える方法が採られてきた。しかしながら、スクリーンを振動させる方法ではスクリーンが固定できないという課題があり、また拡散板等を用いる方法では画像投影に用いられる光量が低下すると同時に、装置が大型化してしまうという課題があった。
- [0010] 本発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、出射光の強度分布が均一である小型かつ高出力のレーザ光源、及び該レーザ光源を用いた2次元画像

形成装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 前記課題を解決するため、本発明の請求項1に記載のレーザ光源は、複数の半導体レーザと、光を伝搬する導波管とを具備し、前記導波管内に入射した、前記複数の半導体レーザから出射された複数のレーザ光は、該導波管内を伝搬してその一端面から外部に出射するものである。
- [0012] これにより、高出力で、且つ均一な出射光強度分布を有する出射光を出力可能な小型のレーザ光源を実現することができる。
- [0013] また、本発明の請求項2に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記複数の半導体レーザは、該各半導体レーザの出射光の広がり角度の小さい方向に並べて配置されているものである。
- [0014] これにより、レーザ光源の光伝搬方向の長さをさらに短縮でき、この結果、レーザ光源をより小型化することができる。
- [0015] また、本発明の請求項3に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記導波管の光出射端面から最も近い光入射位置までの長さLが、以下の関係式(1)を満たすものである。
- [0016]
$$L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta/2)/n)) \cdots (1)$$

W: 前記導波管の幅
n: 前記導波管内部の屈折率
 θ : 前記半導体レーザの有する最小のビーム広がり角度
- [0017] これにより、均一な出射光強度分布を有するレーザ光源の光伝搬方向の長さを必要最小限とすることができ、均一な出射光強度分布を有する出射光を出力するレーザ光源をできるだけ小さくできる。
- [0018] また、本発明の請求項4に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記導波管は、その断面積が光伝搬方向に対して変化する段差部分を有しており、前記複数の半導体レーザは、該段差部分に配置されているものである。
- [0019] これにより、前記複数の半導体レーザを支持部材なしに導波管に容易に配置できる。

- [0020] また、本発明の請求項5に記載のレーザ光源は、請求項4に記載のレーザ光源において、前記段差部分が複数あるものである。
- [0021] これにより、多数の半導体レーザを支持部材なしに導波管に容易に配置でき、また、レーザ光の強度分布の均一化をさらに促進して、よりコンパクトなレーザ光源を提供できる。
- [0022] また、本発明の請求項6に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記半導体レーザの出射光の広がり角の小さい方向に並ぶ1つの列の半導体レーザは、他の列の半導体レーザとは、光の出射方向にずらして配置されているものである。
- [0023] これにより、各半導体レーザのレーザ光出射時に該半導体レーザの持つ熱を放熱することができ、レーザ出力が安定で、かつ寿命の長いレーザ光源を得ることができる。
- [0024] また、本発明の請求項7に記載のレーザ光源は、請求項6に記載のレーザ光源において、前記導波管は、その断面積が光伝搬方向に対して階段状に変化した階段状部分を有しており、前記半導体レーザは、該階段状の各段差部分に配置されているものである。
- [0025] これにより、各半導体レーザの、外気と接する放熱面を十分確保した上で、各半導体レーザからの入射レーザ光すべてを導波管の側面で反射させて、導波管に入射されたレーザ光の光量のほとんどを導波管内に効率よく伝搬させることができる。
- [0026] また、本発明の請求項8に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記複数の半導体レーザには、発振波長が互いに異なる少なくとも2つの半導体レーザが含まれており、前記発振波長が異なる半導体レーザの最大発振波長差 A (A は実数)が $A \geq 1\text{nm}$ であるものである。
- [0027] これにより、半導体レーザが要因となって観測されるスペックルパターンの相関が小さくなり、レーザ光源特有のスペックルノイズを低減することが可能となる。
- [0028] また、本発明の請求項9に記載のレーザ光源は、請求項8に記載のレーザ光源において、前記複数の半導体レーザには、発振波長が互いに異なる少なくとも3つの半導体レーザが含まれており、隣接する発振波長の間隔は実質的に一定である、も

のである。

- [0029] これにより、レーザ光源特有のスペックルノイズをより効率的に低減することができる。
- [0030] また、本発明の請求項10に記載のレーザ光源は、請求項8に記載のレーザ光源において、前記最大発振波長差Aが、 $1\text{nm} \leq A \leq 30\text{nm}$ であるものである。
- [0031] これにより、スペックルノイズを低減する効果と、赤、青、緑、各色の色純度を高める効果とを両立して得られる。
- [0032] また、本発明の請求項11に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記各半導体レーザの出力光強度が、ほぼ均一であるものである。
- [0033] これにより、スペックルノイズ低減効果が得られる。
- [0034] また、本発明の請求項12に記載のレーザ光源は、請求項1に記載の半導体レーザにおいて、前記複数の半導体レーザは、マルチストライプレーザからなるものである。
- [0035] これにより、レーザ光源の光出力を簡単に高めることができる。
- [0036] また、本発明の請求項13に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記複数の半導体レーザは、マルチスタックレーザからなるものである。
- [0037] これにより、レーザ光源の光出力を簡単に高めることができる。
- [0038] また、本発明の請求項14に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記複数の半導体レーザは、少なくとも1つのレーザアレイを構成するよう配列されているものである。
- [0039] これにより、各半導体レーザから出射されるレーザ光の出射位置、及び隣り合う半導体レーザの間隔を容易に制御でき、この結果、高出力レーザ光源の作製プロセスが容易となる。
- [0040] また、本発明の請求項15に記載のレーザ光源は、請求項1に記載のレーザ光源において、前記導波管は中空構造を有し、その中空部分に液体を封入したものである。
- [0041] これにより、各半導体レーザのレーザ光出射時に発生する熱を効率よく放熱することができ、レーザ出力が安定で、且つ寿命の長いレーザ光源を得ることができる。
- [0042] また、本発明の請求項16に記載のレーザ光源は、請求項15に記載のレーザ光源

において、前記導波管に接続され、該導波管の中空部分に封入された液体を循環させる冷却機構を具備し、該冷却機構により前記複数の半導体レーザの冷却を行うものである。

[0043] これにより、各半導体レーザのレーザ光出射時に発生する熱をより効率よく放熱することができる。

[0044] 本発明の請求項17に記載の2次元画像形成装置は、複数の半導体レーザと、前記レーザ光源からの出力光を変調する空間光変調器と、前記レーザ光源からの出力光を前記空間光変調器に照明する照明光学系とを含む2次元画像形成装置において、前記レーザ光源は複数の半導体レーザと、光を伝搬する導波管とを具備し、前記導波管内に入射した、前記複数の半導体レーザから出射された複数のレーザ光が、該導波管内を伝搬してその一端面から外部に出射するものである。

[0045] これにより、小型の2次元画像形成装置を実現できる。

[0046] また、本発明の請求項18に記載の2次元画像形成装置は、請求項17に記載の2次元画像形成装置において、前記空間光変調デバイスからの出力光を投射する投射光学系を具備するものである。

[0047] これにより、小型の2次元画像形成装置を実現できる。

発明の効果

[0048] 本発明のレーザ光源によれば、複数の半導体レーザと、光を伝搬する導波管とを具備し、前記複数の各半導体レーザからの出射光を前記導波管内で混合して出力するので、高出力で、かつ均一な出射光強度分布を有する出射光を出力可能な小型のレーザ光源を実現できる。

[0049] また、前記導波管に切り欠き部を設け、その切り欠き部に前記複数の半導体レーザを配置するようにしたので、前記導波管に各半導体レーザを支持部材なしに容易に設置できると共に、その構成をよりコンパクトにできる効果がある。

[0050] また、レーザ光源を構成する複数の半導体レーザを、隣接する半導体レーザ同士的位置が光伝搬方向にずれるよう配置したので、高出力レーザ光源に十分な放熱機能をもたせることができ、光源出力の安定化と長寿命化を達成するという効果が得られる。

- [0051] また、レーザ光源を構成する半導体レーザの出力波長を特定の波長範囲内で適当な間隔で分布させるようにしたので、干渉性の高いレーザ光源において発生するスペックルノイズを低減できるという効果がある。
- [0052] さらに、導波管に中空セル構造を採用し、該セル内に適当な液体を封入したので、レーザ光を出射する際に発生する熱を導波管を介して効率よく放熱することができるという効果がある。また、前記中空セル構造の導波管と接続された冷却装置を用い、該セル内の液体を循環させることにより、高出力レーザおよび導波管を効率よく冷却することができ、光源出力の安定化と長寿命化を達成できる。

図面の簡単な説明

- [0053] [図1]図1は本発明の実施の形態1によるレーザ光源を説明する斜視図(図(a))及び断面図(図(b))である。
- [図2]図2は前記実施の形態1のレーザ光源の動作を説明する図であり、該レーザ光源からの複数のレーザ光の光強度分布を模式的に示している。
- [図3]図3は前記実施の形態1のレーザ光源の動作を説明する図であり、導波管内を伝搬するレーザ光を幾何光学的に示している。
- [図4]図4は前記実施の形態1のレーザ光源の動作を説明する図であり、レーザ光の自由空間での光強度分布の変化(図(a))と対比させて、導波管内でのレーザ光の光強度分布の均一化(図(b), 図(c))を示している。
- [図5]図5は前記実施の形態1のレーザ光源の導波管内でレーザ光が伝搬する伝搬光路を具体的に説明する図である。
- [図6]図6は前記実施の形態1のレーザ光源にレーザアレイを追加した例を示す斜視図である。
- [図7]図7は前記実施の形態1のレーザ光源を構成する複数の半導体レーザを、間隔を置いて配置した例を示す斜視図である。
- [図8]図8は本発明の実施の形態2によるレーザ光源を説明する斜視図(図(a))及び断面図(図(b))である。
- [図9]図9は本発明の実施の形態3によるレーザ光源を説明する斜視図(図(a))及び断面図(図(b))である。

[図10]図10は前記実施の形態3のレーザ光源の導波管内を伝搬するレーザ光の伝搬光路を幾何光学的に示す図である。

[図11]図11は本発明の実施の形態4によるレーザ光源を説明する斜視図である。

[図12]図12は本発明の実施の形態5によるレーザ光源を説明する図であり、レーザ光源とこれを駆動する駆動部を示している。

[図13]図13は前記実施の形態5のレーザ光源の動作を説明する図である。

[図14]図14は本発明の実施の形態6による照明装置を説明する図である。

[図15]図15は本発明の実施の形態7の2次元画像形成装置を説明する図である。

符号の説明

- [0054] 1 半導体レーザ
 1a, L1, L2 レーザ光
 2, 2a, 2b, 22a, 22b, 32a〜32g, 52 レーザアレイ
 3, 40, 53 導波管
 4 出射光
 5a, 5b プリズム
 11 駆動部
 31 入射側端面
 32, 42 出射面
 33 反射膜
 34 切り欠き部
 54 液体
 101, 101a, 101b, 102, 103, 104, 105 レーザ光源
 160 照明装置
 162 液晶パネル
 163 レンズ
 170 2次元画像形成装置
 171 投影レンズ
 172 スクリーン

発明を実施するための最良の形態

[0055] 以下、本発明の実施の形態について説明する。

[0056] (実施の形態1)

本実施の形態1では、半導体レーザと導波管とを用いて、高出力、且つ断面強度分布が均一化された出射光を出力する小型のレーザ光源について説明する。

[0057] 図1は、本発明の実施の形態1にかかるレーザ光源101を説明する図であり、図1(a)は斜視図、図1(b)は断面図である。

[0058] 図1に示すレーザ光源101は、複数の半導体レーザ1からなるレーザアレイ2と、該各半導体レーザから出射されるレーザ光1aを伝搬する、例えばガラス材料からなる透明な導波管3とを有している。前記導波管3は、略直方体形状をしており、導波管3のレーザ光入射部となる、前記導波管3の背面31側の上端部を切り欠いて形成した、上記レーザアレイ2の配置可能な切り欠き部34を有している。

[0059] ここで、前記導波管3は、前記各半導体レーザ1からのレーザ光を出射する出射面32を有し、該出射面32と、その反対側の光入射側端面である背面31を除く4つの側面の、前記背面31の上端に設けられた切り欠き部34以外の部分に、前記導波管3内に入射した光を閉じこめる反射膜33が形成されている。この反射膜33は、例えばアルミニウム材料等からなる金属膜である。

[0060] そして、前記レーザアレイ2を構成する複数の半導体レーザは、前記導波管3の背面31側の上端部に形成された切り欠き部34に、該背面上端に沿って一列に配列されている。

[0061] なお、図中、4は導波管から出射される出射レーザ光、X方向は、導波管3の上下方向、Y方向は、前記半導体レーザ1の配列方向、つまり導波管の幅方向、Z方向は、導波管内での光が伝搬する光伝搬方向である。

[0062] 次に作用効果について説明する。

まず、半導体レーザと導波管を用いて、高出力でかつ出射光の断面強度分布が均一化されたレーザ光源を実現可能である点について説明する。

[0063] レーザアレイ2を構成する半導体レーザ1から出射されたレーザ光は導波管3に入射される。入射されたレーザ光は導波管内で全反射を繰り返しながら伝搬し、出射光

4となって導波管3から出射される。このとき、導波管3に入射されたレーザ光は、半導体レーザ1を出射する時点ではそれぞれガウシアン分布の断面光強度分布を持つが、多重反射しながら導波管内を伝搬していくと、断面光強度分布が均一化されることとなる。つまり、各半導体レーザ1から出射された複数のレーザ光が混合されることにより、導波管3の、光伝搬方向と垂直な面内で見た光強度分布は光入射端面から伝搬方向に遠ざかるに従い徐々に面内で均一化される。

[0064] 従って、導波管3の光伝搬方向の長さを適当な値に設定することにより出射端面では、均一な断面光強度を得ることができる。

[0065] 図2は、レーザアレイからの複数のレーザ光が導波管を伝搬するに従って混合される様子を模式的に示す。

[0066] 図2に示すように、導波管内の領域3aでは、レーザアレイ2における複数の半導体レーザ1から出射された複数のレーザ光1aは、導波管内を伝搬するとともに混合され、光強度分布が均一化される。

[0067] つまり、導波管内の、レーザアレイ2から近い光伝搬方向Zに垂直な面内Aでは、各半導体レーザから出力されたレーザ光の混ざりはないが、レーザアレイ2から離れた光伝搬方向Zに垂直な面内Bでは、隣接する半導体レーザからの出力光の混ざりにより光強度分布がやや均一化されており、さらに、レーザアレイ2から遠い光伝搬方向Zに垂直な面内Cでは、隣接する半導体レーザからの出射光の混ざりにより光強度分布がより均一化されている。なお、図2では、説明の簡単化のため、導波管の側面でのレーザ光の反射は考慮していない。

[0068] このように、複数の半導体レーザから出力されたレーザ光の強度分布は、導波管内での伝搬とともに均一化される。

[0069] なお、図2の説明では、導波管側面でのレーザ光の反射は考慮していないが、例えば、導波管の幅(Y方向の寸法)をレーザアレイ2の幅と同程度にすると、導波管側面に達したレーザ光は全反射されるため、導波管内での光強度分布が導波管の側面で折り返したものとなり、各半導体レーザからのレーザ光の混合はさらに複雑化し促進される。

[0070] また、デバイス作製及び該デバイス使用の観点においては、できるだけコンパクトな

レーザ光源であることが望ましく、そのためには、導波管3の長さができるだけ短いほうがよい。そこで、以下に、できるだけ短い距離で光強度の均一化を実現できる導波管3の長さについて述べる。

- [0071] 前述したように、本実施の形態1のレーザ光源101においては、前記導波管3の光伝搬方向(Z方向)の長さがレーザ光源101の大きさを決定する主要因となるため、できるだけ光伝搬方向の長さを短くする必要がある。
- [0072] 図3は、単一の半導体レーザ1からの出射光1aが導波管3内を伝搬する伝搬光路を幾何光学的に示す図である。ここでは、説明の簡略化のため、単一の半導体レーザ1の出射光が導波管内を伝搬する様子を示している。
- [0073] 図3中、 θ_1 は導波管3内でのレーザ光1aの広がり角度を示し、光強度分布の半値全角で表される。また、Wはレーザ光の広がり方向の導波管3の幅を示し、Lはレーザ光の入射面から導波管3の出射面までの長さを示すものとする。
- [0074] 半導体レーザから出射された光1aが導波管3に入射されると、導波管3の側面では入射光の一部が反射される。従って、導波管3内部の領域では、自由空間での光強度分布を導波管3の側壁で折り返して重ね合わされた光強度分布が観測される。
- [0075] 図4は、このような導波管側面でのレーザ光の反射により光強度分布が均一化される様子を説明する図である。
- [0076] 図4(a)は、レーザ光が自由空間中を伝搬する場合の強度分布を、図4(b)は、レーザ光が導波管内を伝搬する場合の、導波管側壁での光強度分布の重なり状態を、図4(c)は、前記光強度分布の重ね合わせにより得られる光強度分布を示す。なお、図4中において、1は半導体レーザ、3は屈折率nの透明材料からなる導波管である。また、 θ_3 は屈折率nの導波管3内でのレーザ光の広がり角度を示し、 θ_2 は自由空間中の半導体レーザ光の広がり角度を示す。
- [0077] 図4(a)に示すように、自由空間中を伝搬する半導体レーザ1からの出射光は、伝搬とともに広がり角度 θ_2 で広がっていく。このように自由空間では、半導体レーザ1からの出射光の空間的な広がりが増大するがその光強度分布は変化せず、その断面強度分布はガウシアン分布型の強度分布を維持し続ける。
- [0078] つまり、半導体レーザ1近傍の伝搬方向に垂直な面内D、半導体レーザ1から離れ

た伝搬方向に垂直な面内F、及びこれらの間に位置する伝搬方向に垂直な面内Eで、いずれも光強度分布はガウシアン分布となっている。

[0079] 一方、図4(b), (c)に示すように、導波管3内を伝搬する半導体レーザ1からの出射光は、該導波管3の側面で全反射される。この場合、屈折率nの導波管3内に入射されたレーザ光の広がり角度 θ_3 は、

$$[0080] \quad \theta_3 = 2 \times \sin^{-1}((\sin(\theta_2/2))/n)$$

[0081] となる。ここで導波管3の幅をWとすると、該導波管3に入射した光ビームが、入射面からの距離が $W / (2 \times \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta_2/2)/n)))$ となる位置に達したときに、その光強度分布の一部が導波管3の側面で反射され始める。そして、入射した光ビームがこの位置を越えると、反射される光の強度分布は徐々に増大し、導波管3の出射面32に達するまでは、図4(a)に示すように光が自由空間を伝搬する場合の光強度分布を、導波管の側壁に相当する部分で折り返して重ね合わせた光強度分布が観測される(図4(b))。

[0082] このとき、実質的な断面光強度(図4(c))が、十分均一になるには、例えば導波管3の長さを十分長く取り、全反射回数を多くする程良い。しかしながら、デバイス作製および使用の観点からすると、できるだけコンパクトなレーザ光源であることが望ましい。

[0083] そこで、導波管3内のレーザ光の光強度分布を均一化させるために必要な導波管の長さLについて検討したところ、少なくとも以下に示す(式1)の条件を満たしていれば、光強度分布が均一化されるということが判った。

$$[0084] \quad L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta_3/2)/n)) \quad \cdots (式1)$$

θ_3 : レーザ出射光の広がり角

n: 導波管内部の屈折率

W: 導波管幅

[0085] ところで、前述した導波管3の光伝搬方向の長さだけでなく、導波管3に対するレーザアレイの配置の仕方も、装置の小型化に影響を与える。ここで、例えばごく一般的な半導体レーザ(AlGaAs系やAlGaInP系、GaN系など)では、出射光のアスペクト比および広がり角が異なり、垂直方向(図1においてはX方向)の広がり角が大きい。従って、例えば断面アスペクト比がほぼ1となる導波管を用いた場合、広がり角の大

きい方向に対して断面強度分布を均一化するために必要な導波距離が短く、広がり角の小さい方向に対してはその距離を長くとる必要がある。そこで、例えば図1に示すように、特に多数の半導体レーザを広がり角の小さい方向(Y方向)に並べて配置してレーザアレイ2を構成することにより、多数の半導体レーザから発振されたレーザ光を、X方向と垂直な面内で混合することが容易に可能となり、非常に短い距離で出射光4の断面光強度分布を均一化することができるということを見いだした。

[0086] ただし、本実施の形態1では半導体レーザ1が導波管3内部に配置されているため、この(式1)で示される値Lは、図5に示すように、半導体レーザ1から出射されるレーザ光の導波管3内の入射位置 L_p から、導波管3の出射面32までの距離に相当する。

[0087] 次に、本実施の形態1のレーザ光源101の作製プロセスについて説明する。

レーザアレイ2は半導体プロセスにより作製する。このようにすれば、各半導体レーザから出射されるレーザ光の出射位置、及び隣り合う半導体レーザ1の間隔を容易に制御することができる。

[0088] 導波管3は、前述した厚み方向X、幅方向Y、光伝搬方向Zそれぞれの長さの条件をクリアした石英ガラスを用意し、該石英ガラスに対して、高精度機械加工プロセス及び研磨プロセスにより、導波管3の光伝搬方向と垂直な一方の端面側の上端部を切り欠いて、レーザアレイ2を組み込み可能な切り欠き部34を形成する。なお、前述した導波管3の加工は、ドライエッチングを用いて高精度に行うことも可能である。

[0089] そして、導波管3の加工した切り欠き部34に、レーザアレイ2を例えば樹脂やハンダを用いて接着接合する。

[0090] なお、導波管3が、その内部を伝搬する伝搬光に対して全反射条件を満たすものである場合には、前記反射膜33が無くてもよく、この場合も低損失光伝搬が可能となる。

[0091] 以上のように、本実施の形態1によれば、レーザ光源101において、複数の高出力半導体レーザ1を一行に配置してなるレーザアレイ2と、該各半導体レーザ1から出射されたレーザ光を伝搬する導波管3とを備えたので、高出力で、かつその光断面強度が均一化されたレーザ光を出力することが可能となる。

- [0092] また、本実施の形態1によれば、複数の半導体レーザ1をその出射光の広がり角度が小さい方向に配列してレーザアレイ2を構成しているので、半導体レーザの配列方向では隣接する半導体レーザの出射光の混合により光強度分布が均一化されることとなる。この結果、出射レーザ光の強度分布の均一化に要する導波管3の光伝搬方向の長さを小さくでき、レーザ光源101をより小型化することができる。
- [0093] また、本実施の形態1によれば、導波管3内の屈折率 n 、導波管3の幅 W 、レーザ光の広がり角度 θ 、及び導波管3の光入射面から光出射面32までの長さ L を、関係式 $L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta/2)/n))$ を満たすよう設定することにより、出射光4の光強度分布が均一化されたコンパクトなレーザ光源101を実現できる。
- [0094] なお、本実施の形態1では、レーザアレイを1つ有するレーザ光源を示したが、レーザ光源におけるレーザアレイの構成や配置は前記実施の形態1のものに限らない。
- [0095] 図6は、実施の形態1のレーザ光源の、他の例を説明する図である。
- 図6に示すレーザ光源101aは、実施の形態1のレーザ光源101において、導波管の背面側下端部にも、背面側上端部に位置するレーザアレイ2と対向するよう切り欠き部34aを設け、該背面側下端部の切り欠き部34aに他のレーザアレイ2aを配置したものである。
- [0096] このようなレーザ光源101aでは、導波管3の背面31側に位置する上下2つのレーザアレイから出力されたレーザ光が導波管内で混合されることとなり、図1に示すレーザアレイを1つだけ有するレーザ光源101に比べて、レーザ光の強度分布の均一化がより促進される。この結果、レーザ光源101aの導波管3の長さを実施の形態1のレーザ光源101より短くすることが可能となる。
- [0097] 図7は、実施の形態1のレーザ光源の、その他の例を示す図である。
- 図7に示すレーザ光源101bは、実施の形態1のレーザ光源101のレーザアレイ2に代えて、半導体レーザ1を等間隔に離して配列してなるレーザアレイ2bを備えたものである。
- [0098] このようなレーザ光源101bにおいても、レーザアレイを構成する複数の半導体レーザから出力されたレーザ光が導波管内で混合されることとなり、レーザ光源における高出力、並びに光強度分布の均一化が可能である。

- [0099] また、本実施の形態1では、レーザアレイ2を構成する複数の半導体レーザ1の配置間隔及び個数について特に記載していないが、配置間隔あるいは個数を調整することにより、導波管3の出射端面のアスペクト比及び出射光強度を自由に設計することができる。
- [0100] 例えば、実施の形態1のレーザ光源は、そのレーザアレイを構成する半導体レーザとして、一つのレーザチップの中に複数の発光点があるマルチストライプレーザや、半導体レーザ部がスタック状に配置されたマルチスタックレーザ等を有するものであってもよい。
- [0101] また、本実施の形態1では、導波管3の背面31側の端面に沿って、一つあるいは複数の切り欠き部34を設ける場合を例に挙げたが、切り欠き部を設ける位置は背面上端部に限らない。
- [0102] さらに、本発明のレーザ光源は、前記実施の形態1で説明したように、導波管3の一部に切り欠き部34を形成して前記レーザアレイ2を配置したものに限らない。例えば、前記レーザ光源は、導波管3の切り欠き部34を形成せずに、レーザアレイ2を、そのレーザ光出射端面が導波管3の背面31に対向するよう配置してもよい。ただしこの場合は、前記レーザアレイ2を支持する部材が必要となる。また、上記レーザ光源は、導波管3の上面或いは下面に前記レーザアレイ2を配置したものでもよい。
- [0103] (実施の形態2)
- 図8は、本発明の実施の形態2によるレーザ光源を説明する図であり、図8(a)はレーザ光源を示す斜視図、図8(b)は断面図である。
- [0104] この実施の形態2のレーザ光源102は、複数の半導体レーザ1からなる第1及び第2のレーザアレイ22a及び22bと、該各半導体レーザから出射されるレーザ光を伝搬する、例えばガラス材料からなる透明な導波管3と、該各レーザアレイの半導体レーザ1から出力されるレーザ光を前記導波管3内に導入する第1及び第2のプリズム5a, 5bとを有している。
- [0105] 前記導波管3は、略直方体形状をしており、前記各半導体レーザ1からのレーザ光を出射する出射面32と、該出射面32と反対側の端面である背面31とを除く4つの側面の、レーザアレイ22a, 22b、及びプリズム5a, 5bが配置された以外の部分に、前

記導波管3内に入射した光を閉じこめる反射膜33が形成されている。

- [0106] また、前記第1のレーザアレイ22aは、前記導波管3の上面上にその背面31側上端に沿って配置され、前記第2のレーザアレイ22bは、前記導波管3の下面上にその背面31側下端に沿って配置されている。また、前記プリズム5aは、導波管3の上面上の、レーザアレイ22aの光出射面側に配置され、該レーザアレイ22aからの各レーザ光は該プリズム5aで反射して導波管3内部に入射する。前記プリズム5bは、導波管3の下面上の、レーザアレイ22bの光出射面側に配置され、該レーザアレイ22bからの各レーザ光は該プリズム5bで反射して導波管3内部に入射する。
- [0107] このような構成の実施の形態2のレーザ光源102では、導波管の上面及び下面上にレーザアレイ22a, 22bを配置し、該レーザアレイ22a, 22bから出射されたレーザ光を、各レーザアレイの出射面側に配置したプリズム5a, 5bにより反射して導波管3内に導入するので、導波管3の加工により導波管にレーザアレイ2を埋め込むためのスペースを形成する必要がなく、レーザ光源102の作成が簡単になる。
- [0108] なお、本実施の形態2では、導波管3の背面31上端に沿ってレーザアレイ22及びプリズムを配置する場合を例に挙げたが、該レーザアレイ22及びプリズム5を配置する位置は導波管3の背面上端に限らず、レーザアレイ22からの出射光を導波管3内に導入できる位置であればよい。
- [0109] また、前記各実施の形態の説明では、導波管3の、光出射面32及び該出射面に平行な面31以外の面に反射膜33を形成する場合を示したが、導波管3が、その内部を伝搬する伝搬光に対して全反射条件を満たすものである場合には、前記反射膜33が無くてもよく、この場合も低損失光伝搬が可能となる。
- [0110] また、前記実施の形態では、レーザアレイを1つあるいは2つ備えたレーザ光源を示したが、前記レーザ光源は、レーザアレイは3つ以上有するものであってもよく、レーザアレイを数多く具備することによりレーザ光源の高出力化を図ることができる。さらに、この場合、複数のレーザアレイを導波管の背面側全面に対向するよう積み重ねて配置することも可能である。
- [0111] 但し、この場合、レーザアレイ2は、レーザ光の出射時に高熱を発生するため、光源の出力の安定性や寿命の観点から、レーザ光出射時の放熱が重要な問題となる。

[0112] そこで、以下このような放熱の問題を解決した本発明の実施の形態3のレーザ光源について説明する。

[0113] (実施の形態3)

図9は、本発明の実施の形態3によるレーザ光源を説明する図であり、図9(a)は斜視図、図9(b)は断面図である。

[0114] この実施の形態3のレーザ光源103は、複数の半導体レーザ1を一行に配置してなる複数個のレーザアレイ32a〜32gと、該各半導体レーザ1から出射されるレーザ光を伝搬する、例えばガラス材料からなる透明な導波管40とを有している。

[0115] ここでは、略直方体形状を有する導波管40の、光出射端面と反対側に位置する光入射側端部に前記レーザアレイ32a〜32gが設けられている。また、各レーザアレイ32a〜32gは、そのレーザ光出射面が、導波管の上端及び下端に近いものほど、導波管40の光出射端面42に近くなるよう、光出射方向Zにずらして階段状に設置されている。つまり、この実施の形態では、導波管40は、その光入射側端部が、前記のような各レーザアレイの光出射端面が光出射方向にずれた配置となるよう階段状に加工されている。なお、図中、43b〜43gは、導波管40の光入射側端部に形成された階段状部分の各段差部分である。

[0116] 次に作用効果について説明する。

[0117] まず、本実施の形態3におけるレーザ光源103の高出力機能について説明する。図9に示すように、本実施の形態3のレーザ光源103は、複数の高出力半導体レーザ1を一行に配置したレーザアレイを複数個備えるため、該レーザ光源103から出射される出射光4はかなり高出力となることは言うまでもない。また、前述したように本実施の形態3では、導波管40の光出射端部の厚みが導波管幅方向に垂直な面内で階段状に変化しているので、この階段状部分に配置された1つのレーザアレイの半導体レーザが、他のレーザアレイの半導体レーザ1の陰になることなく、各半導体レーザ1からの入射レーザ光が導波管40の管壁で全反射され、光量の損失が生じることがない。従って、導波管40に入射されたレーザ光の光量のほとんどを導波管40内で効率よく伝搬させることができる。

[0118] そして、本レーザ光源103の光強度分布の均一化機能については、前記実施の形

態1で説明したとおり、導波管40の光伝搬方向の長さを長くすればするほど、導波管40内での光の全反射回数が多くなり、前記複数の半導体レーザ1から出射されたレーザ光の断面光強度は、該導波管40の出射面42に達するまでに十分に均一化されたものとなる。

[0119] また、導波管40の光伝搬方向の長さを、前記実施の形態1で示した(式1)で示される値Lにすれば、レーザ光源103を小型化できる。ただし、本実施の形態3では複数のレーザアレイが導波管端面の階段状加工部分に設置されているので、前記(式1)で示される値Lは、図10に示すように、最も導波管の光出射面42に近い半導体レーザの光出射面から導波管40の出射面42までの長さとなる。

[0120] また、前記実施の形態1で説明したように、半導体レーザからの出射光はその広がり角度の大きい方が、光強度が均一化されやすいといえるから、光の広がり角度の小さい方向の導波管40の寸法(幅)を大きくして、その方向に配置する半導体レーザの個数を多くすれば、より短い距離で光強度を均一化することが可能となる。

[0121] また、本実施の形態3では、図9に示すように、複数のレーザアレイ32a〜32gを導波管40に取り付けているため、導波管40内で伝搬される光が増え、それぞれの光がより混合されやすくなっている。このため、前記実施の形態1に比べて、導波管40の光伝搬方向の長さをさらに短くすることが可能となる。

[0122] 次に、本レーザ光源103の放熱機能について説明する。

[0123] 半導体レーザ1の放熱は、一般に、該各半導体レーザ1をシリコンサブマウント等の熱伝導性の高い材料を用いた放熱基板に固定し、半導体レーザ1の活性層と平行な面を半導体レーザと放熱基板との接触面とするのが効率的であると考えられる。従って、より効率的な放熱を行うために、半導体レーザの、X方向と垂直な表面を放熱面とするのがよいが、スタック状に配置されたレーザアレイのレーザ光出射面がほぼ同一面内にある場合には、放熱状態が悪くなり、発生した熱の効率的な排除が不可能となる。

[0124] そこで、図9に示すように、少なくとも隣り合うレーザアレイ32a〜32gのレーザ出射面位置を、光伝搬方向に対してずらして、各レーザアレイ32a〜32gのX軸方向と垂直な表面を露出させるようにすれば、放熱措置が取りやすくなり、より効率的に発生し

た熱を排除することが可能となる。

- [0125] 実験においては、1つのレーザアレイを、これに隣接するレーザアレイに対して、導波管40の光伝搬方向に一定長さ(一般的な高出力レーザでは数100 μ m〜数mm)だけずらすことにより、最も効率よく放熱可能で、かつコンパクトな高出力レーザ光源が実現できた。
- [0126] もちろん、本実施の形態3においても、前記実施の形態1と同様、前記導波管40のすべての面のうち、レーザ光が入射される入射面と、該レーザ光が出射される出射面とを除く4面に、前記導波管40内に入射された光を閉じこめる反射膜43を形成してもよい。この反射膜は、例えばアルミニウム材料等からなる金属膜である。
- [0127] 次に、本実施の形態3のレーザ光源103の作製プロセスについて説明する。
- [0128] レーザアレイ32a〜32gは半導体プロセスにより作製する。このようにすれば、各半導体レーザから出射されるレーザ光の出射位置、及び隣り合う半導体レーザ1の間隔を容易に制御することができる。
- [0129] 導波管40は、前述した厚み方向X、幅方向Y、光伝搬方向Zそれぞれの長さの条件をクリアした石英ガラスを用意し、該石英ガラスに対して、高精度機械加工プロセス及び研磨プロセスにより、図9に示すようにその光入射側端部の断面が階段状になるように加工する。
- [0130] そして、導波管40の管壁を反射膜で覆う場合は、導波管40の光入射面及び光出射面42以外の面に、アルミニウム等の金属膜を形成する。
- [0131] この後、導波管40の加工した光入射側端部に、レーザアレイ32a〜32gを例えば樹脂やハンダを用いて接着接合する。
- [0132] 以上のように、本実施の形態3によれば、レーザ光源103において、複数の高出力半導体レーザ1を一行に配置してなる複数個のレーザアレイ32a〜32gと、該各半導体レーザ1から出射されたレーザ光を伝搬する導波管40とを有するので、より高出力で、その光断面強度が均一化されたレーザ光を出力できるレーザ光源を提供することができる。
- [0133] また、本実施の形態3によれば、前記複数個のレーザアレイ32a〜32gを、隣接するレーザアレイが接することがないようにレーザアレイの光出射面を光出射方向に沿っ

てずらした配置としているので、前記各半導体レーザ1から発生した熱の効率的な排除が可能となる。さらに、前記各レーザアレイを隣接するレーザアレイに対してずらす距離が、レーザアレイのZ軸方向長さ(一般的な高出力レーザでは数100 μ m〜数mm)であるとき、最も効率よく、コンパクトな高出力レーザ光源103を実現できる。

[0134] また、導波管40の光入射側端部を階段状に加工し、該階段状部分に複数のレーザアレイ32a〜32gを配置しているので、いずれのレーザアレイの半導体レーザも他のレーザアレイの半導体レーザ1の陰に位置することがなくなり、導波管40に入射されたレーザ光を、その光量損失をほとんど招くことなく、導波管40内で効率よく伝搬させる低損失レーザ光源を実現できる。

[0135] なお、本実施の形態3では、レーザアレイを構成する複数の半導体レーザ1の配置間隔及び個数について特に記載していないが、配置間隔あるいは個数を調整することにより、導波管40の出射端面のアスペクト比及び出射光強度を自由に設計することができる。

[0136] (実施の形態4)

図11は本発明の実施の形態4によるレーザ光源を説明する斜視図である。

[0137] この実施の形態4のレーザ光源104は、複数の半導体レーザ1からなるレーザアレイ52と、該各半導体レーザから出射されるレーザ光を伝搬する、例えばガラス材料からなる透明な導波管53と、該各レーザアレイの半導体レーザ1から出力されるレーザ光を前記導波管53内に導入するプリズム55とを有している。

[0138] ここで、前記レーザアレイ52は、略直方体形状を有する導波管53の上面上に、その背面側上端に沿って配置されている。また、前記プリズム55は、導波管53の上面上の、レーザアレイ52の光出射面側に配置され、該レーザアレイからの各レーザ光を反射して導波管内部に導入する。そして、前記導波管53は内部が中空の構造となっており、該導波管53の内部には、使用する半導体レーザ1の波長領域で透明な液体が封入されている。また、導波管53とレーザアレイ52とは、半導体レーザ1で発生した熱が導波管に効率よく伝わるよう、接着面での熱抵抗が小さい状態で接着されている。

[0139] このような構成のレーザ光源104では、レーザアレイの各半導体レーザから出力さ

れたレーザ光は導波管内で反射を繰り返しながら伝搬し、導波管内では各半導体レーザからのレーザ光が効率よく混合される。このためレーザ光源からの出射光の断面光強度均一化が可能なレーザ光源104を得ることができる。

- [0140] また、この実施の形態4のレーザ光源104では、導波管53の内部で封入した液体が対流するため、放熱効率はさらに向上するという効果が得られる。
- [0141] なお、前記実施の形態4では、レーザ光源104は、中空セル構造の導波管53を有し、導波管の内部に液体を封入したものとしているが、実施の形態4のレーザ光源104は、内部に液体を封入した中空構造の導波管と、該導波管53に直接接続され、その内部の液体を循環させて導波管53を強制的に冷却する冷却機構とを有するものであってもよい。この場合、導波管に接着したレーザアレイ52の放熱及び冷却効率を格段に向上できる。
- [0142] また、中空構造の導波管を用い、導波管の内部に液体を封入したレーザ光源は、実施の形態4のものに限るものではなく、例えば、図1、図6、図7、図8、あるいは図9に示すレーザ光源の導波管を、中空構造を有し、内部に液体を封入した導波管としてもよい。
- [0143] （実施の形態5）
- 図12は、本発明の実施の形態5によるレーザ光源を説明する図である。
- [0144] この実施の形態5のレーザ光源105は、複数の半導体レーザ1からなるレーザアレイ2と、該各半導体レーザから出射されるレーザ光を伝搬する、例えばガラス材料からなる透明の導波管3と、前記レーザアレイの各半導体レーザ1を駆動する駆動部11とを有している。
- [0145] ここで、前記導波管3及びレーザアレイ2は、実施の形態1におけるものと同一のものである。
- [0146] そして、前記レーザ駆動部11は、前記レーザアレイ2の各半導体レーザから出力されるレーザ光の波長が異なるよう、各半導体レーザに、大きさの異なる駆動電流を印加するものである。
- [0147] 次に作用効果について説明する。
- このような構成の実施の形態5のレーザ光源105は、高出力、かつ均一な断面光強

度を確保しつつ、レーザ光源特有のスペックルノイズを除去できるものであり、以下詳しく説明する。

- [0148] スペックルノイズとは、例えばレーザ光源を用いてスクリーンに画像投影を行うような場合に、レーザ光がスクリーンで散乱される際にスクリーン上の各部分からの散乱光同士が干渉することによって生じる微細なムラ状のノイズである。このスペックルノイズを除去する方法として、これまでにスクリーンを振動させる方法や、拡散板を透過させてレーザ光に時空間的にランダムな位相を与える方法が採られてきた。
- [0149] しかしながら、スクリーンを振動させる方法では、スクリーンが固定できないという課題があり、また拡散板等を用いる方法では画像投影に用いられる光量が低下するといった課題があった。
- [0150] 本実施の形態5のレーザ光源は、実施の形態1のレーザ光源において、レーザアレイを構成する半導体レーザの発振波長を制御することで前記課題を解決するものであり、以下に前記のレーザ発振波長制御について説明する。
- [0151] 上述したように、スペックルノイズは干渉性の高いレーザ光を用いたときに生じるものであり、スクリーン上での散乱光同士の干渉がその要因である。従って、光源からのレーザ光の位相を時間的、空間的にランダムに乱すことにより、各光源からのレーザ光により観測されるスペックルパターンを平均化しスペックルノイズ低減を行うことが可能である。
- [0152] そこで、レーザ光源において、波長が互いに異なる複数のレーザ光を用いてスペックルノイズを低減する方法が考えられる。
- [0153] つまり複数のレーザ光をスクリーン上に投射した場合、最終的にスクリーンを観察したときに得られるスペックルパターンは各レーザ光によるスペックルパターンの重ね合わせとなる。また、レーザ光の波長が異なると、得られるスペックルパターンが異なる。このため、異なる波長を有する複数のレーザ光を用いた場合には、最終的にスクリーン上に観察されるスペックルパターンは、複数のスペックルパターンが空間的に平均化されたものとなる。また、各スペックルパターンが独立して(相関無く)得られたものである場合には、スペックルパターンの平均化は効率よく行うことができる。
- [0154] 上述のスクリーンを観察したときに見られるスペックルノイズは、具体的にはスクリー

ン表面の凹凸各部における反射レーザ光の干渉が原因である。

- [0155] ここで、簡単な例として、発振波長の異なる2つのレーザ光によるスペックルパターンについて考える。
- [0156] 図13に示すように、発振波長の異なる2つのレーザ光を、スクリーンSの凸部Saで反射された一方のレーザ光(発振波長 λ_1)の位相と、スクリーンの凹部Sbで反射された他方のレーザ光(発振波長 λ_2)の位相との位相差が1波長以上の位相差となるものとすれば、スクリーン上に現われる、これら2つのレーザ光によるスペックルパターンは互いに相関の少ない状態にすることができる。
- [0157] 例えば、 λ_1 、 λ_2 ($\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$)という異なる波長を有する2つのレーザ光を、段差 $100\mu\text{m}$ の凹凸を有するごく一般的なスクリーンに照射した場合を考える。
- [0158] スクリーン表面の最も手前(凸部Sa)で反射された波長 λ_1 のレーザ光と、スクリーン表面の最も奥(凹部Sb)で反射された波長 λ_2 のレーザ光との光路差は、 $200\mu\text{m}$ である。従って、この場合は、2つのレーザ光の波長差 $\Delta\lambda$ が、 $(200/\lambda_2) \times \Delta\lambda \geq \lambda_1$ を満たすものであれば、スクリーンで反射した波長の異なる2つのレーザ光の位相差が、これらのレーザ光の1波長以上の位相差となる。
- [0159] ここで、 $\lambda_2 = 470\text{nm}$ (青色の可視光)とすると、 $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ から、 $\Delta\lambda \div 1.1 \times 10^{-3}\mu\text{m} = 1.1\text{nm}$ となる。従って、2つのレーザ光の波長差 $\Delta\lambda$ が 1nm 以上であれば、それぞれのレーザ光が要因となって観測されるスペックルパターンの相関が小さくなり、結果としてスペックルパターンの平均化が行われる。
- [0160] さらに、空間的なスペックルパターンの平均化という観点からすると、効率的に平均化を行うために、レーザアレイを構成する複数の半導体レーザでは、隣接するいずれの2つの半導体レーザの発振波長差も同程度であることが望ましい。言い換えると、レーザアレイが3つの半導体レーザで構成されている場合、これらの半導体レーザの発振波長が例えば $A\text{nm}$ (A は実数)の範囲で異なっているとしたときに、隣接する任意の2つの半導体レーザの発振波長差は $(A/2)\text{nm}$ 以下であることが望ましい。
- [0161] 一般的には、レーザアレイが N (N は3以上の整数)個の半導体レーザにより構成されている場合には、隣接する半導体レーザの発振波長差は、ほぼ $(A/(N-1))\text{nm}$ であることが望ましい。

- [0162] また、隣接する半導体レーザの発振波長差は大きい方がスペックルパターンの相関が小さくことから、 $(A/(N-1)) > 1\text{nm}$ とすることにより、さらに効果的なスペックルノイズ低減が可能となる。
- [0163] また、各半導体レーザの出力強度はほぼ均一であることが望ましいが、最も出力が高いものを基準として他の半導体レーザが少なくとも50%以上の出力強度を有していれば、十分スペックルノイズ低減効果が得られるということを確認している。
- [0164] さらに、前述した半導体レーザの最大発振波長差Aは、30nm以下であるのが望ましい。これは本レーザ光源を、例えば画像表示装置の光源として用いる場合に、前記各半導体レーザの最大発振波長差Aを30nm以下にすると、スペックルノイズを低減する効果と、赤、青、緑、各色の色純度を高める効果とを両立して得られるからである。
- [0165] 以上のように、本実施の形態5によれば、レーザ光源105が、複数の半導体レーザ1からなるレーザアレイ2と、該各半導体レーザから出射されるレーザ光を伝搬する導波管3と、前記レーザアレイの各半導体レーザ1を駆動する駆動部11とを備え、該駆動部11が前記レーザアレイ2の各半導体レーザから出力されるレーザ光の波長が異なるよう、各半導体レーザに異なる駆動電流を印加するようにしたので、スクリーン上に現われるスペックルパターンを、前記発振波長の異なるレーザ光による異なるスペックルパターンの重ね合わせにより、空間的に平均化することが可能となり、スペックルノイズを低減することができる。
- [0166] なお、本実施の形態5では、実施の形態1のレーザ光源の複数の半導体レーザを、それぞれの発振波長が異なるよう駆動するものを示したが、図6, 7, 8, 9, 11のいずれかに示すレーザ光源の半導体レーザを、それぞれの発振波長が異なるよう駆動してもよく、この場合も実施の形態5と同様の効果が得られる。
- [0167] また、実施の形態5では、レーザ光源は、特性がほぼ同一である半導体レーザからなるレーザアレイを有し、駆動部により、各半導体レーザに、発振波長が異なるものとなるよう、大きさの異なる駆動電流を印加するものであるが、レーザ光源は、レーザアレイを構成する複数の半導体レーザを、それぞれ異なる発振波長のレーザ光を出射する特性の異なるものとし、各半導体レーザには、同一レベルの駆動電流を印加す

るものであってもよい。また、前記レーザ光源は、レーザアレイを構成する複数の半導体レーザを、DBR (Distributed Bragg Reflector)レーザなどの、発振波長を駆動電流とは別の制御電流により調整可能なものとし、駆動部が、前記駆動電流とともに、波長制御電流を各半導体レーザに印加する回路構成を有するものとしてもよい。

[0168] (実施の形態6)

図14は、本発明の実施の形態6にかかる照明装置を示す図である。

[0169] この実施の形態6の照明装置160は、レーザ光を出射するレーザ光源161と、空間光変調デバイスである液晶パネル162と、前記レーザ光源からの出射光L1を前記液晶パネル162に照射する集光レンズ163とを備えている。なお、L2は液晶パネル162を透過した後のレーザ光である。

[0170] ここで、前記レーザ光源161は、図6に示すレーザ光源101aと同一のものである。

[0171] この実施の形態6のレーザ光源161では、前記実施の形態1で述べたように、半導体レーザ1から導波管3に入射されたレーザ光が、導波管3を伝搬する間に断面光強度分布が均一化され、レーザ光源からは、断面光強度分布が均一化された出射光4が出力される。さらに、導波管3の出射端面の像(すなわち出射光L1)は、レンズ163により液晶パネル162に拡大投影される。このとき、例えば導波管3の断面形状を液晶パネル162の形状と相似形にすることにより、出射光L1の光量をほとんど損失することなく有効に液晶パネル162に照射することが可能となる。液晶パネル162に照射された出射光L1は、例えば液晶パネル162に2次元画像信号を与えることにより、任意の強度分布を有する、すなわち2次元画像として表示されるレーザ光103に変調される。

[0172] このような実施の形態6の照明装置160を用いることにより、例えば、背面投射型ディスプレイや、ヘッドマウントディスプレイのように、大小各種ディスプレイを実現することができる。また、空間光変調デバイス162を透過したレーザ光L2を、適当な投影光学系を用いて例えばスクリーンに拡大投影することも可能である。

[0173] なお、前記実施の形態6では、前記レーザ光源161は、図6に示す実施の形態1のレーザ光源101aと同一のものであるが、このレーザ光源161は、図1, 図7, 図8, 図9, 図11のいずれかに示すものと同一のものであってもよい。

[0174] (実施の形態7)

図15は、本発明の実施の形態7による2次元画像形成装置を説明する図である。

[0175] この実施の形態7の2次元画像形成装置170は、照明光学系を構成する照明装置170aと、照明装置170aから出力された、変調されたレーザ光を拡大投影する投影レンズ171と、該投影レンズ171からの投影光を受けて2次元画像を表示するスクリーン172とを備えている。ここで、前記照明装置170aは、実施の形態6の照明装置160の構成を有している。

[0176] このような2次元画像形成装置170では、前述したように、レーザ光源161からの出射光L1がレンズ163にて集光され、空間光変調デバイスである液晶パネル162に均一光強度分布で照明される。液晶パネルに照射されたレーザ光は、前記液晶パネル162で任意の強度分布を持つレーザ光L2に変調され、投影レンズ171によりスクリーン172上に拡大投影される。

[0177] このように本実施の形態7の2次元画像形成装置170では、レーザ光源を、複数の半導体レーザと、各半導体レーザから出射された光を伝搬する導波管とを有するものとしたので、小型かつ高出力で断面光強度を均一化したレーザ光源を容易に達成することができ、これにより、小型で100インチサイズクラスの投影が可能な、例えばレーザプロジェクタのような拡大投影2次元画像形成装置を実現できる。

[0178] また、レーザ光源を、レーザアレイを構成する各半導体レーザをそれぞれ発振波長が異なるものとしたり、あるいは導波管を、中空セルからなり、内部に液体を入れたものとするにより、スペックルノイズを低減することができ、これにより2次元画像形成装置170の、光学部品点数の削減による装置全体の省スペース化と低コスト化を実現できる。

[0179] なお、本実施の形態7では、2次元画像形成装置は単一のレーザ光源を有するものであるが、2次元画像形成装置は、赤、青、緑の各色に対応するレーザ光源を有するものであってもよい。この場合、例えば、各色に対応するレーザ光源は、これを構成する半導体レーザ1の波長を、赤、青、緑の各色に対応する波長に選び、それぞれ実施の形態1ないし5で示したレーザ光源と同様、複数の半導体レーザと、それぞれの半導体レーザからの出射光を伝搬して出力する導波管とを有する構成とするこ

とにより、高出力で、しかも断面光強度が均一化されたレーザ光源を有するフルカラーの2次元画像形成装置を実現することができる。

- [0180] また、前記実施の形態6あるいは7で説明した照明装置は、レーザ光源を構成する半導体レーザとして、紫外光波長域の半導体レーザを用いることにより、高出力かつ均一照明が必要な半導体露光装置等への応用も可能である。

産業上の利用可能性

- [0181] 本発明は、高出力でかつ均一な強度分布を有するレーザ光源に関するものであり、高出力照明やレーザアシスト加工などに適用可能である。また、テレビ受像機、映像プロジェクタなどの画像表示装置や、半導体露光装置などの画像形成装置にも適用可能である。

請求の範囲

- [1] 複数の半導体レーザと、
光を伝搬する導波管とを具備し、
前記導波管内に入射した、前記複数の半導体レーザから出射された複数のレーザ光は、該導波管内を伝搬してその一端面から外部に出射する、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [2] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記複数の半導体レーザは、該各半導体レーザの出射光の広がり角度の小さい方向に並べて配置されている、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [3] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記導波管の光出射端面から最も近い光入射位置までの長さLが、以下の関係式(1)を満たす、
ことを特徴とするレーザ光源。
- $$L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta/2)/n)) \cdots (1)$$
- W: 前記導波管の幅
n: 前記導波管内部の屈折率
 θ : 前記半導体レーザの有する最小のビーム広がり角度
- [4] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記導波管は、その断面積が光伝搬方向に対して変化する段差部分を有しており、
前記複数の半導体レーザは、該段差部分に配置されている、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [5] 請求項4に記載のレーザ光源において、
前記段差部分が複数ある、ことを特徴とするレーザ光源。
- [6] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記半導体レーザの出射光の広がり角の小さい方向に並ぶ1つの列の半導体レーザは、他の列の半導体レーザとは、光の出射方向にずらして配置されている、

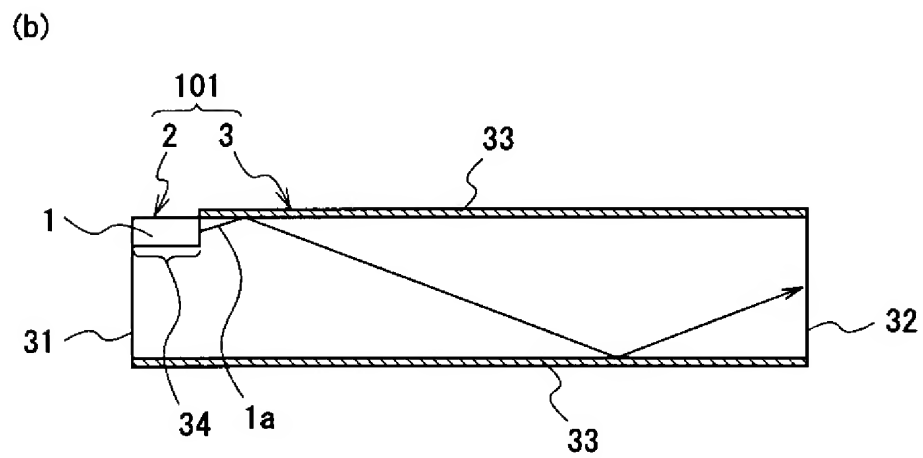
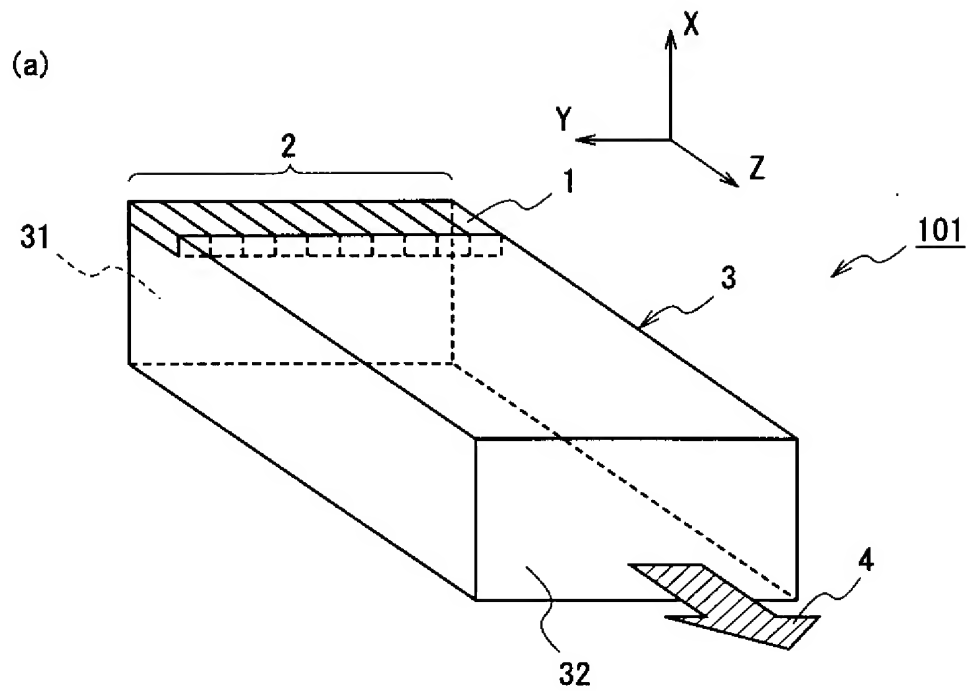
ことを特徴とするレーザ光源。

- [7] 請求項6に記載のレーザ光源において、
前記導波管は、その断面積が光伝搬方向に対して階段状に変化した階段状部分を有しており、
前記半導体レーザは、該階段状の各段差部分に配置されている、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [8] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記複数の半導体レーザには、発振波長が互いに異なる少なくとも2つの半導体レーザが含まれており、
前記発振波長が異なる半導体レーザの最大発振波長差 A (A は実数)が $A \geq 1\text{nm}$ である、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [9] 請求項8に記載のレーザ光源において、
前記複数の半導体レーザには、発振波長が互いに異なる少なくとも3つの半導体レーザが含まれており、
隣接する発振波長の間隔は実質的に一定である、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [10] 請求項8に記載のレーザ光源において、
前記最大発振波長差 A が、 $1\text{nm} \leq A \leq 30\text{nm}$ である、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [11] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記各半導体レーザの出力光強度が、ほぼ均一である、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [12] 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、
前記複数の半導体レーザは、マルチストライプレーザからなる、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [13] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記複数の半導体レーザは、マルチスタックレーザからなる、

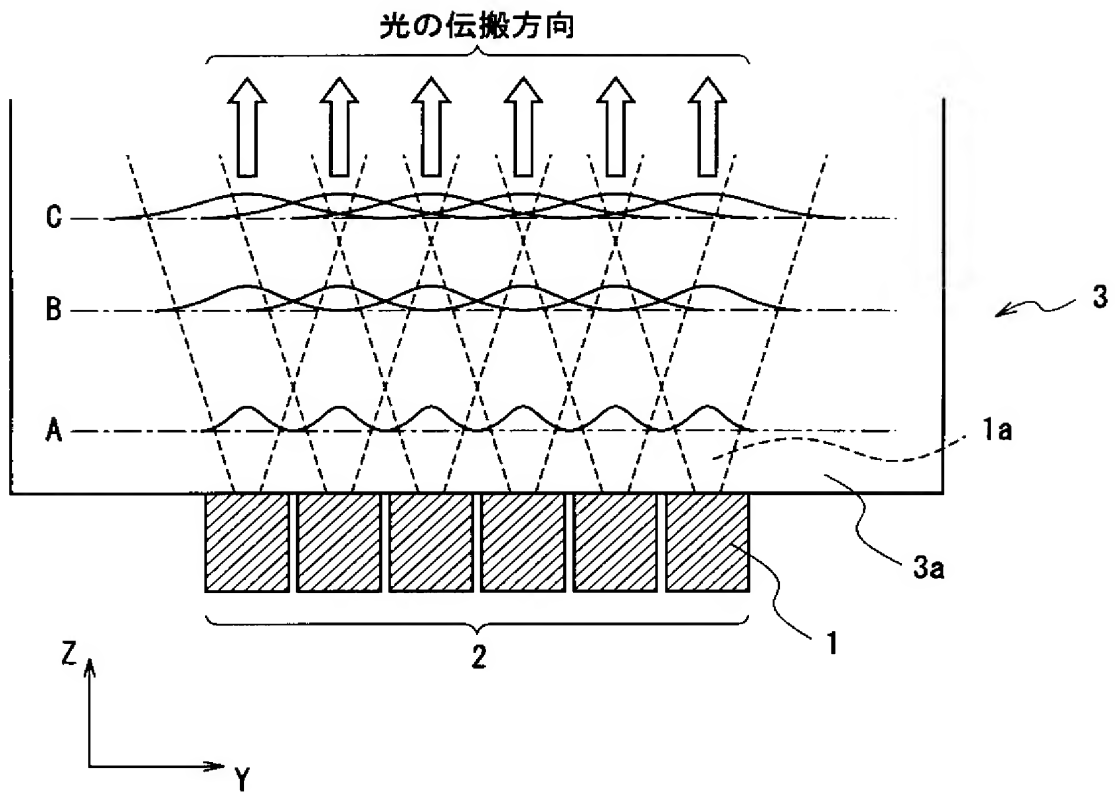
ことを特徴とするレーザ光源。

- [14] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記複数の半導体レーザは、少なくとも1つのレーザアレイを構成するよう配列されている、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [15] 請求項1に記載のレーザ光源において、
前記導波管は中空構造を有し、その中空部分に液体を封入したものである、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [16] 請求項15に記載のレーザ光源において、
前記導波管に接続され、該導波管の中空部分に封入された液体を循環させる冷却機構を具備し、
該冷却機構により前記複数の半導体レーザの冷却を行う、
ことを特徴とするレーザ光源。
- [17] 複数の半導体レーザと、前記レーザ光源からの出力光を変調する空間光変調器と、
前記レーザ光源からの出力光を前記空間光変調器に照明する照明光学系とを含む2次元画像形成装置において、
前記レーザ光源は、
複数の半導体レーザと、
光を伝搬する導波管とを具備し、
前記導波管内に入射した、前記複数の半導体レーザから出射された複数のレーザ光が、該導波管内を伝搬してその一端面から外部に出射するものである、
ことを特徴とする2次元画像形成装置。
- [18] 請求項17に記載の2次元画像形成装置において、
前記空間光変調器からの出力光を投射する投射光学系を具備する、
ことを特徴とする2次元画像形成装置。

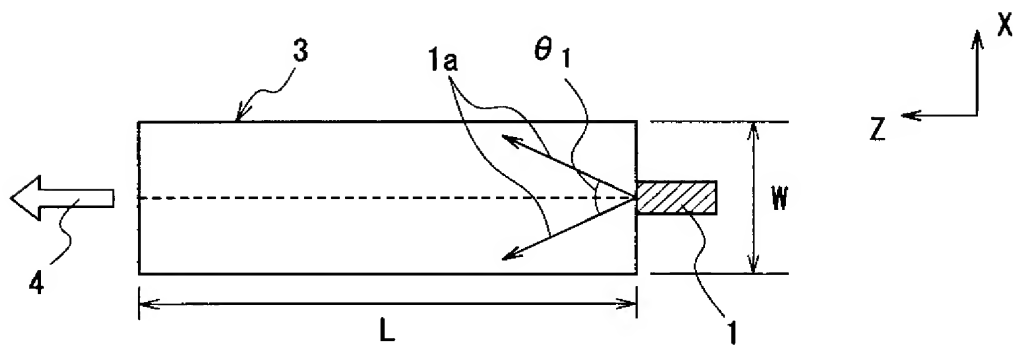
[図1]



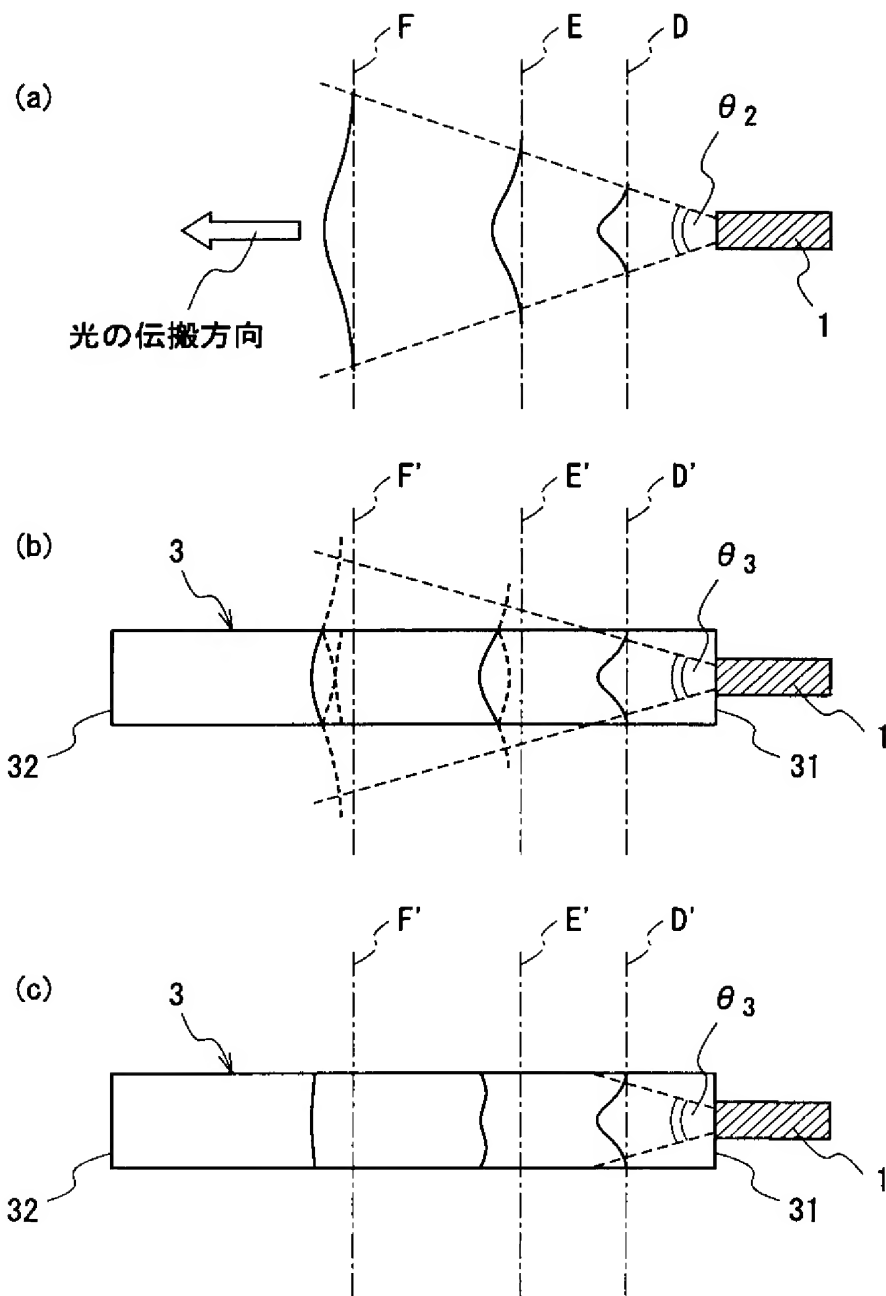
[図2]



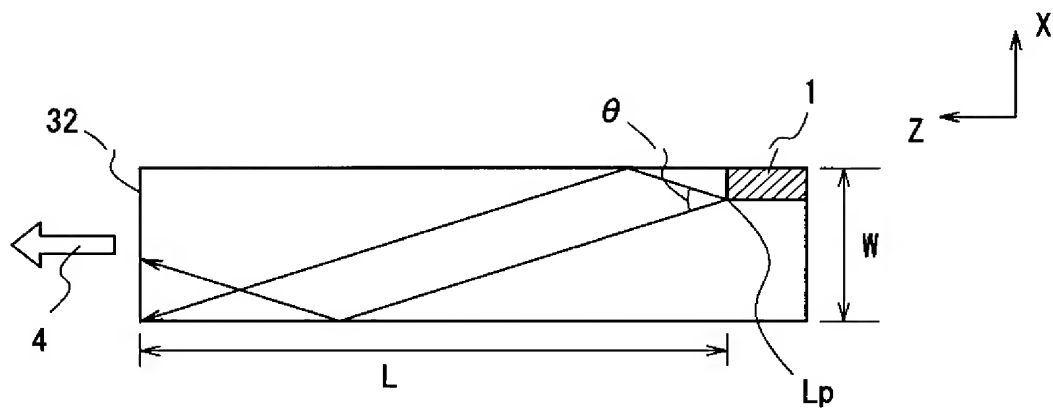
[図3]



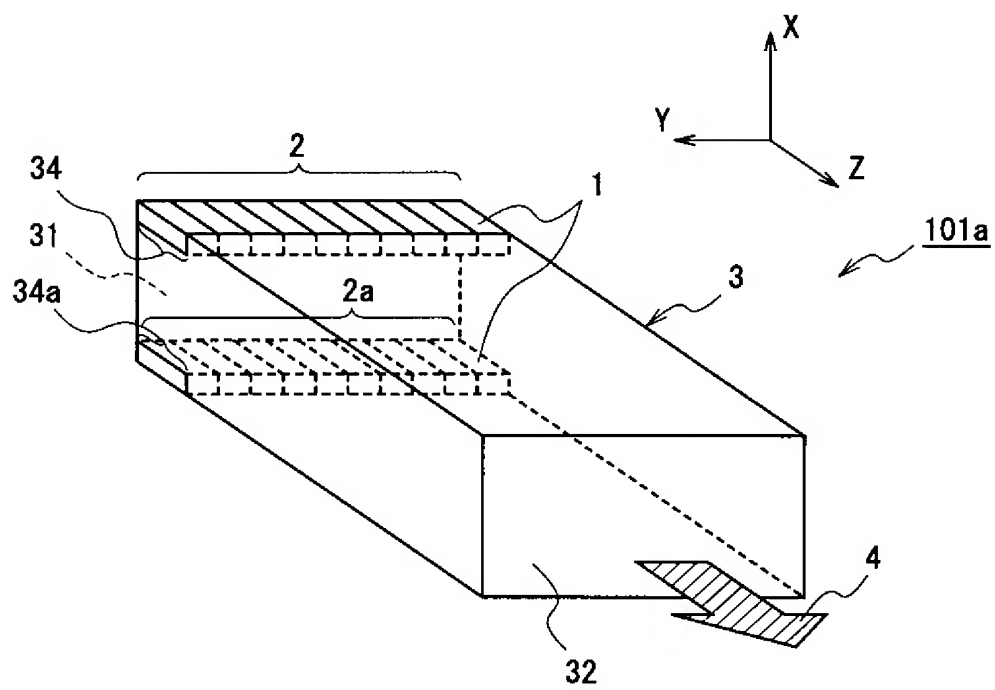
[図4]



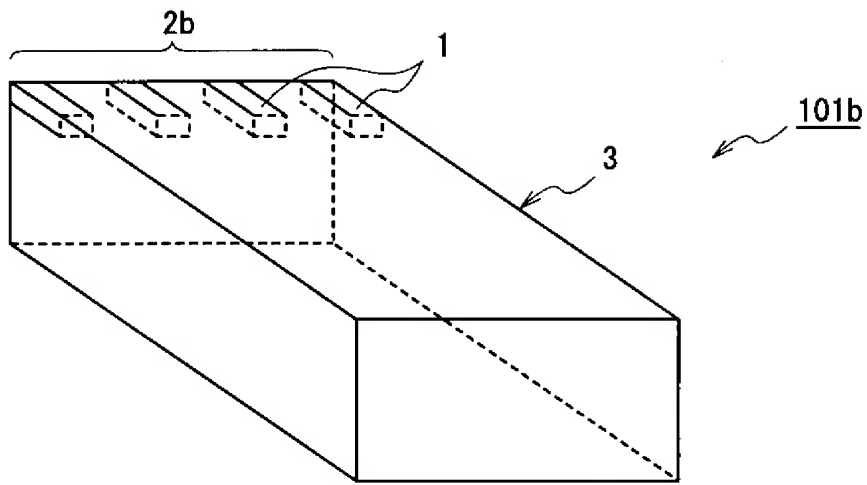
[図5]



[図6]

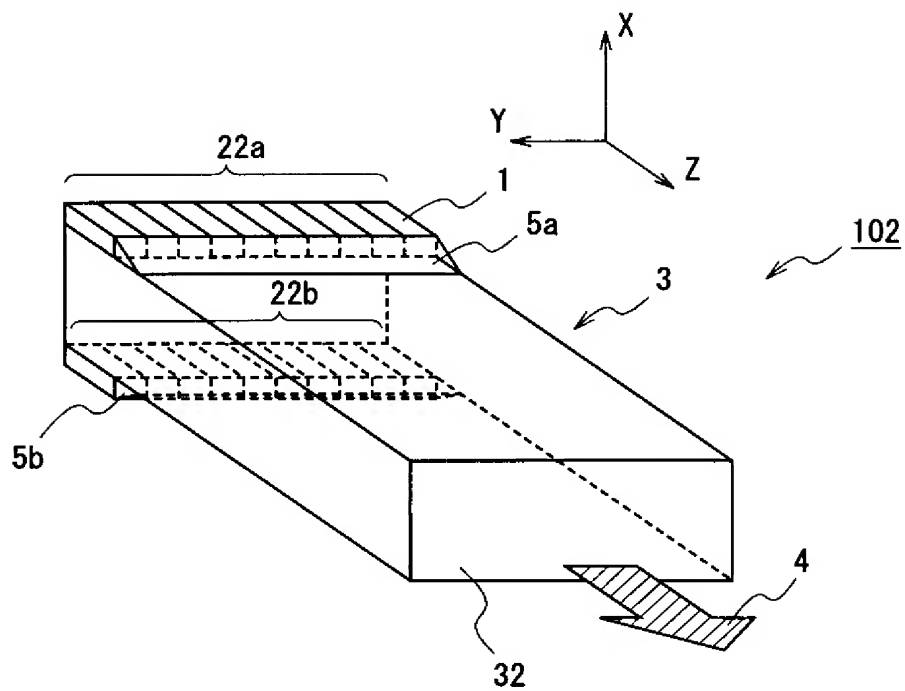


[図7]

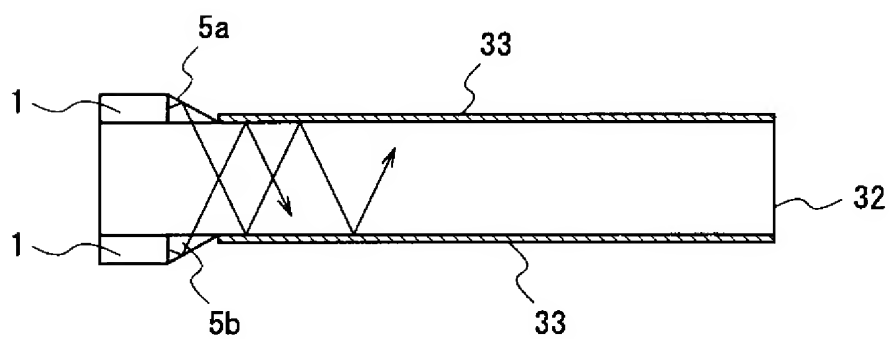


[図8]

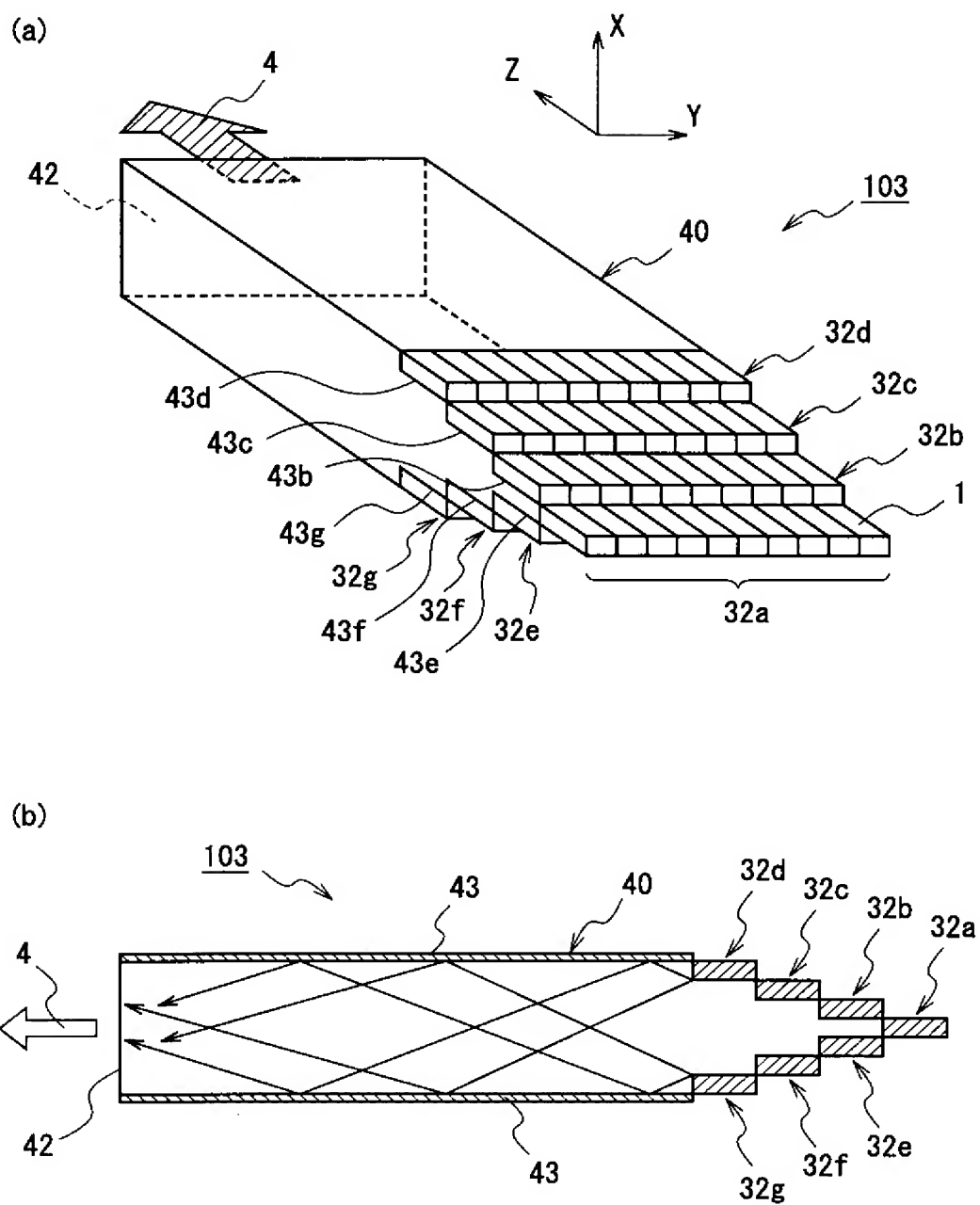
(a)



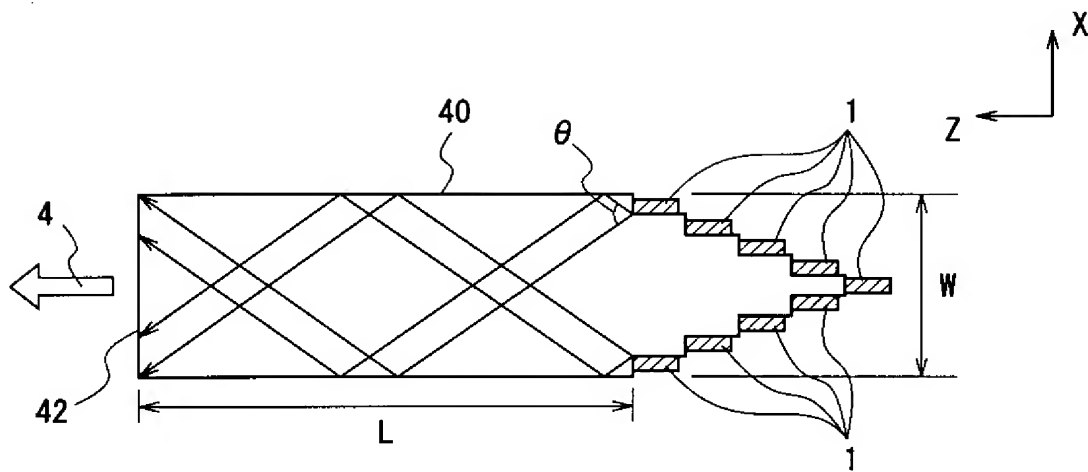
(b)



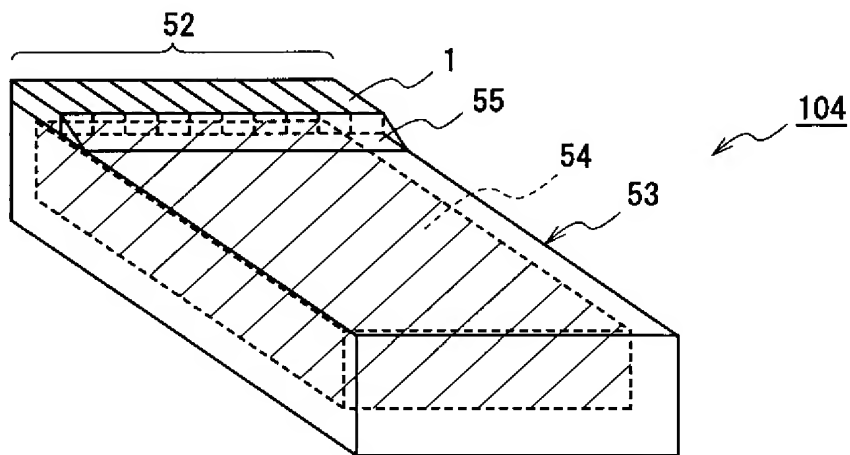
[図9]



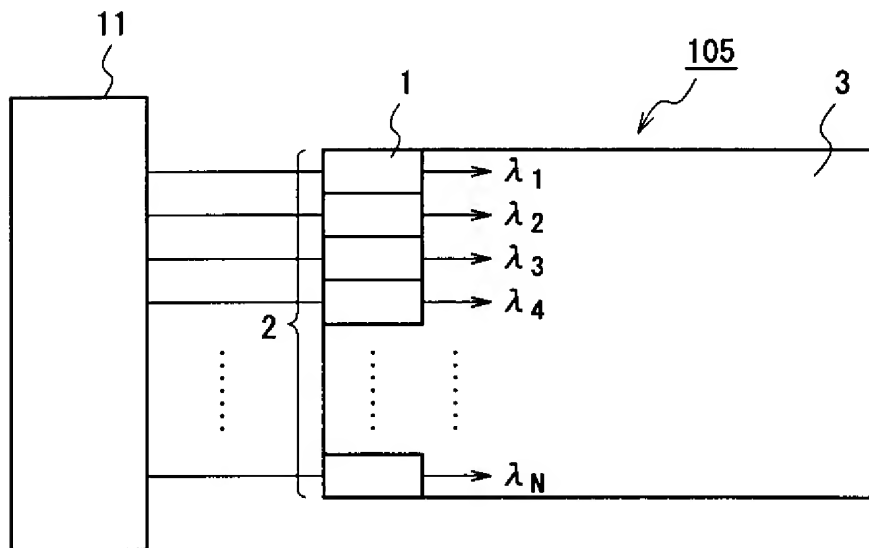
[図10]



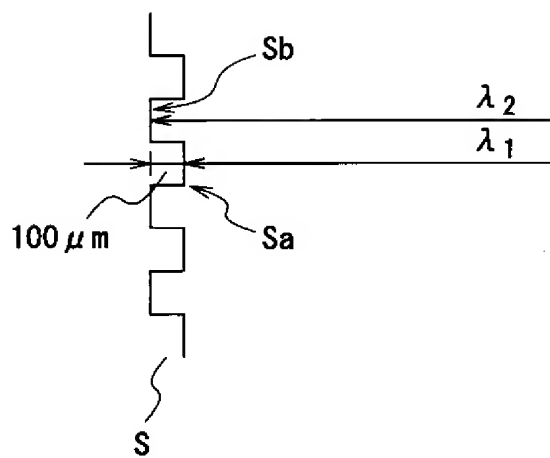
[図11]



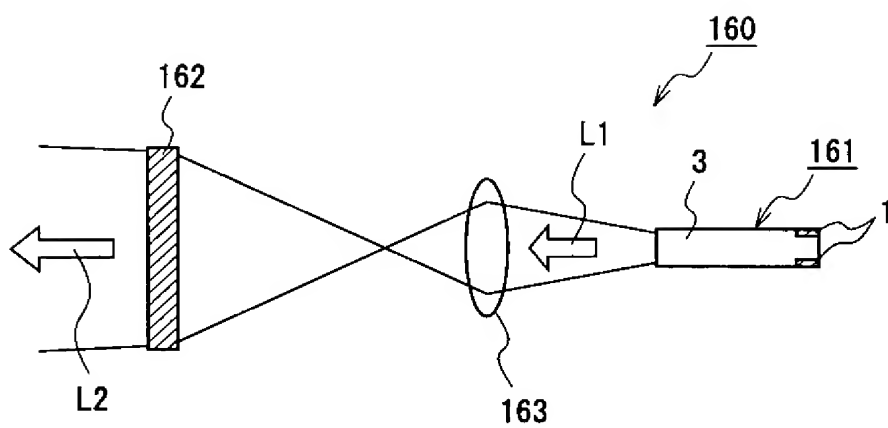
[図12]



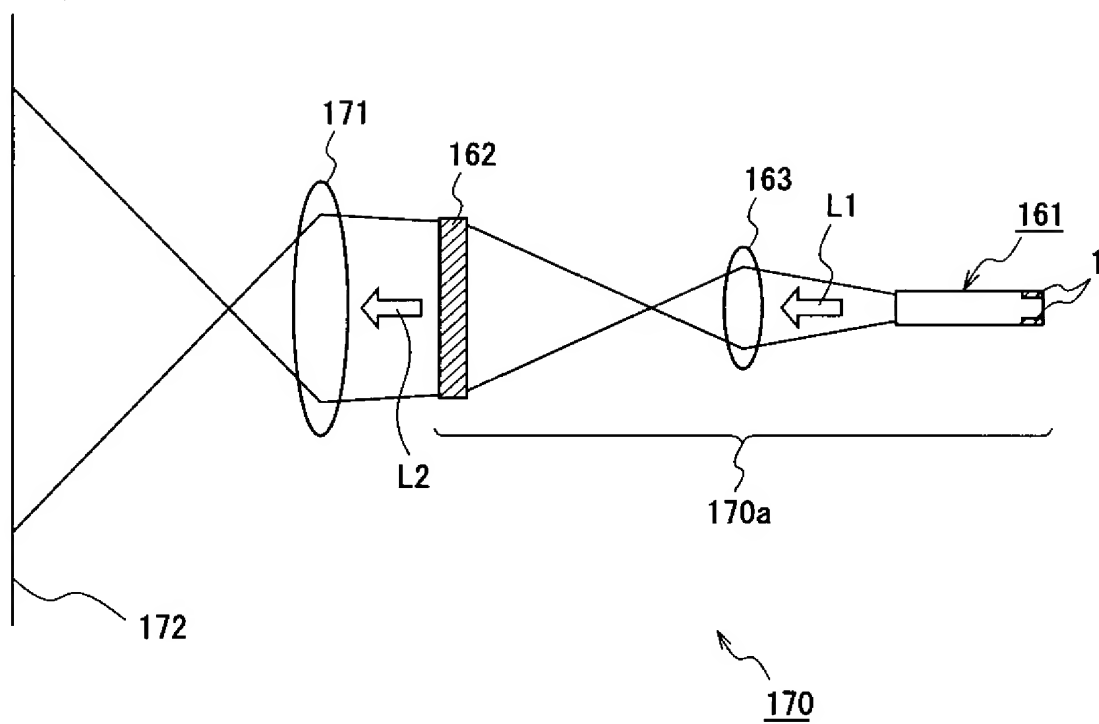
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H01S5/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H01S5/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-356404 A (Mitsubishi Electric Corp.), 26 December, 2001 (26.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	1, 17, 18 1-3, 6, 8-15, 17-18
Y	JP 2000-180962 A (Sony Corp.), 30 June, 2000 (30.06.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-3, 6, 8-15, 17-18
Y	JP 2003-57514 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 26 February, 2003 (26.02.03), Full text; all drawings & US 2003/0031029 A1	1-3, 6, 8-15, 17-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 March, 2005 (08.03.05)		Date of mailing of the international search report 29 March, 2005 (29.03.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01S 5/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01S 5/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2005年

日本国登録実用新案公報 1994-2005年

日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2001-356404 A(三菱電機株式会社), 2001. 12. 26, 全文, 全図(ファミリーなし)	1, 17, 18 1-3, 6, 8-15, 17-18
Y	JP 2000-180962 A(ソニー株式会社), 2000. 06. 30, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-3, 6, 8-15, 17-18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 03. 2005

国際調査報告の発送日

29. 3. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛

2K

9010

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-57514 A(富士写真光輝株式会社), 2003. 02. 26, 全文, 全図 & US 2003/0031029 A1	1-3, 6, 8-15, 17-18